

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНИН

Направление подготовки АБ 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование грозозащиты ЛЭП и подстанции номинального напряжения 220 кВ.
УДК 621.316.98: 621.311.4027

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Макров Андрей Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кузнецов Ю.И	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Н.В	—		25.05.16

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И.И	к.т.н.		25.05.16

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	к.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНИН
Направление подготовки АБ 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) _____
(Дата) А.О.Сулайманов
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5А2В	Макрову Андрею Владимировичу

Тема работы:

Исследование грозозащиты ЛЭП и подстанции номинального напряжения 220 кВ.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ №653/с от 02.02.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<p>В данной работе проектируется грозозащита высоковольтной подстанции на напряжение 220 кВ. $U_{ном} = 220$ кВ; $U_{п} = 1200$ кВ; $\tau_{ф} = 0,2$ мкс; $l_{12} = 6$ м; $W_1 = 320$ Ом; $W_2 = 400$ Ом; $C_T = 700$ пФ; тип РВС. Характеристики линии: $U_n = 220$ кВ; $\alpha = 24$ град; $L_{вл} = 280$ км; $l_{п} = 180$ м; $D_r = 30$ Ом; $\rho_{изм} = 180$ Ом · м; $n = 12$; $R = 1,5$ см; Климатическая зона – III; Тип изолятора – ПС12-А</p>
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Расчет напряжения на изоляции при заданной волне перенапряжения 2. Определение длины защитного подхода к подстанции. 3. Определение эффективности грозозащиты подстанции от волн перенапряжения, набегающих с линии. 4. Расчет напряжения на вентильном разряднике для заданной волны перенапряжения. 5. Выбор места установки и расчет зон защиты стержневых молниеотводов для заданной подстанции 6. Оценка эффективности молниезащиты подстанции. 7. Расчет удельного числа грозовых отключений линии электропередачи.
Перечень графического материала	Зоны защиты стержневых молниеотводов. Напряжения на изоляции силового трансформатора
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Нина Васильевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	6.03.2016
---	-----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Кузнецов Ю.И.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Макров Андрей Владимирович		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Уровень образования бакалавр

Кафедра ЭЭС

Период выполнения весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
24.03.2016 г.	Расчет напряжений на изоляции трансформатора при заданной волне перенапряжения	
03.04.2016 г.	Расчет кривой опасных параметров	
14.04.2016 г.	Расчет заземлителей	
21.05.2016 г.	Расчет зон защиты стержневых молниеотводов	
23.05.2016 г.	Оценка надежности грозозащиты подстанции от волн, набегающих с линии	
10.05.2016 г.	Расчет грозозащиты ЛЭП	
07.03.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
27.05.2016 г.	Социальная ответственность	
11.06.2016 г.	Оформление работы	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Кузнецов Ю.И	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	К. Т. Н. , доцент		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Макрову Андрею Владимировичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Высоковольтная электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места и проверка соответствия</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, вредные вещества, освещение, шумы, электромагнитные излучения,) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду и человека – чрезвычайных ситуаций 	<ul style="list-style-type: none"> – Рабочая зона - территория подстанции опоры ВЛЭП и территория вокруг них, технологический процесс заключается в приеме преобразования и распределения электроэнергии. – Персонал состоит из специализированных сотрудников подстанции. – Вредные факторы производственной среды проявляются в воздействии электромагнитного излучения, шумов, что может неблагоприятно сказываться на состоянии здоровья персонала. – Опасные факторы производственной среды – При эксплуатации электроприборов могут возникнуть аварийные ситуации, в ходе которых возможно появление пожаров, что является чрезвычайной ситуацией. Это поможет повлечь за собой возгорание всего здания. – Рассмотрен микроклимат помещения.
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Правилами устройства электроустановок – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Микроклимат помещения; – Уровень шума; – Нормы электромагнитного 	<ul style="list-style-type: none"> – Требования к микроклимату в помещении описаны в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 – Повышенный уровень шума оказывает негативное влияние на здоровье человека – Требования к напряженности электромагнитного поля и освещенности помещения описаны в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
--	--

излучения; – Освещенность помещения	
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – электробезопасность	<ul style="list-style-type: none"> – В каких случаях может произойти поражение электрическим током в офисном помещении. – Меры безопасности от поражения электрическим током
3. Охрана окружающей среды: – Анализ воздействия объекта на организм человека и окружающую среду	Компоненты электрических устройств, оказывающие вредное влияние на организм человека и окружающую среду
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – пожарно-профилактические мероприятия; – организационные и эксплуатационные мероприятия;	Самым распространенным фактором, который может привести к ЧС является пожар. Подробно рассмотрены пожарно-профилактические, организационные и эксплуатационные мероприятия.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Рассмотрены основные организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И.И			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Макров А,В		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

**Тема работы: Анализ грозозащиты высоковольтной подстанции на
напряжение 220 кВ.**

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Макрову Андрею Владимировичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление /специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	20 % премии 20 % надбавки 30% районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- отчисления в социальные фонды 27%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентоспособности технического решения с позиции ресурсоэффективности
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: -определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; -разработка линейного графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; -заработная плата;
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсоэффективности НИ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1.Оценочная карта конкурентных технических решений
2.Календарный план-график проектирования грозозащиты (график Ганта)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Нина Васильевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Макров Андрей Владимирович		

Реферат

Работа содержит 84 листов, 17 рисунков, 19 таблицы, 20 используемых источника.

Ключевые слова: грозозащита, кривая опасных параметров, волна перенапряжения, вентильный разрядник, стержневые молниеотводы, заземлитель, длина защитного подхода, показатель грозоупорности, вольт-секундная характеристика, молниеотвод.

Объектом исследования в данной работе является подстанция и примыкающая к ней ВЛЭП.

Цель работы – рассчитать и спроектировать грозозащиту высоковольтной подстанции на номинальное напряжение 220 кВ.

В процессе исследования грозозащиты подстанции были произведены следующие расчеты: расчет кривой опасных параметров; определение надежности грозозащиты подстанции и напряжения на вентильном разряднике при воздействии волн, набегающих с линии; расчет напряжения на изоляции трансформатора при заданной волне перенапряжения; расчет и построение зон защиты стержневых молниеотводов; произведен расчет числа грозовых отключений линии электропередач. Показатель грозоупорности рассчитанной подстанции равен – 80 лет.

В ходе данной работы были проведены расчеты, характеризующие себестоимость проекта и непосредственной его реализации в реальный объект. В разделе работы «Социальная ответственность» были рассмотрены вредные и опасные факторы, возможные чрезвычайные ситуации и экологические проблемы, возникающие непосредственно на территории проектируемой подстанции и ВЛЭП. Предложены средства коллективной и индивидуальной защиты по каждому из пунктов данной части работы.

Работа выполнялась в текстовом редакторе Microsoft Word 2013, Microsoft Excel 2013. Чертежи выполнялись в профессиональной системе 3D-Kompas. Расчеты производились при помощи MathCad 15.

Оглавление

Введение.....	10
2. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	11
2.1. Анализ конкурентных технических решений.....	11
2.2. Планирование работ по проектированию.....	13
2.2.1. Структура работ в рамках проектирования.....	13
2.3. Определение трудоемкости выполнения работ.....	14
2.4. Разработка графика проведения проектирования.....	15
2.5. Формирование бюджета затрат на проектирование.....	18
2.5.1. Расчет материальных затрат проектирования.....	18
2.5.2. Определение затрат на реализации проекта.....	20
2.5.3. Планирование монтажных и пусконаладочных работ.....	20
2.6. Ресурсоэффективность	23

Введение

Бесперебойная работа электрической сети непосредственно связана с эффективностью молниезащиты ее элементов. В данной выпускной контрольной работе рассмотрена организация молниезащиты подстанции и ВЛЭП на номинальное напряжение 220 кВ.

Большое значение имеет надежность работы линии электропередач и всего комплекса оборудования: генераторов, трансформаторов, коммутационной аппаратуры, компенсирующих устройств, конденсаторов и др. Аварийное отключение подстанции высокого напряжения, например, приводит к колоссальному ущербу народному хозяйству, так как от подстанции в большинстве случаев отходит целый ряд линий, питающих большое количество потребителей. Электрооборудование подстанции подвергается опасным воздействиям атмосферных перенапряжений, как при ПУМ в подстанцию, так и при набегании грозовых волн перенапряжения по линиям электропередач. Волны возникают при включении или отключении источника высокого напряжения, короткого замыкания на линии и других изменениях условий непосредственной электрической связи с источниками высоких напряжений.

На сегодняшний день для защиты подстанционного оборудования от волн перенапряжения набегающих с линии используется широкий спектр специализированных мер и оборудования. К таким мерам относятся: применение ограничителей перенапряжения, вентильных разрядников, молниеотводов; установка грозозащитных тросов, контуров заземления распорядительного устройства, заземлителей опор высоковольтных линий электропередач.

Грозозащита подстанции должна исключать приход на подстанцию волн с крутым фронтом. Это достигается выбором соответствующей длины защитного подхода ВЛЭП к высоковольтной подстанции.

2. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

2.1. Анализ конкурентных технических решений

Целью данного раздела ВКР является экономическое обоснование проектирования грозозащиты подстанции рассчитанной на номинальное напряжение 220 кВ.

Постройка грозозащиты подстанции с рассчитанными и полученными характеристиками позволит повысить надежность электроснабжения потребителей, а также избежать дорогостоящих ремонтов трансформаторного оборудования, возникающих вследствие набегания на оборудование подстанции волн атмосферных перенапряжений.

В ходе данной работы мною будет произведено распределения исполнителей по видам работ на всем этапе производства проектирования грозозащиты. Будет произведен расчет капиталовложений на проектирование, монтаж и наладку оборудования для грозозащиты проектируемой подстанции на номинальное напряжение 220 кВ.

Важнейшим элементом грозозащиты является разрядник. Производится выбор базового объекта конкурента, аналогичного по назначению и условиям эксплуатации с оцениваемым объектом. Конкурентом рассматриваемому разряднику РВТ-220 является разрядник РВМГ-220; Данный анализ произведём с помощью оценочной карты (таблица 1). Оценка будет происходить по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей в сумме должны составлять 1.

Таблицы №7 – Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		PBT -220	PВРГ-220	PBT-220	PВРГ-220
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Наибольшее допустимое U	0,5	4	3	2	2
2. Габариты	0,075	4	2	0,25	0,2
3. Масса	0,075	2	2	0,25	0,2
4. Гарантийный срок	0,16	4	4	0,7	0,6
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,2	3	3	0,61	0,61
2. Цена	0,12	3	4	0,5	0,4
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,18	4	3	0,75	0,54
Итого	0.775	24	19	5,06	2,94

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i = 0,5 \cdot 4 = 2$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

Б_i – балл i -го показателя.

В ходе проведения данного анализа было выявлено превосходство разрядников типа PBT. Поэтому при проектировании грозозащиты использованы разрядники данного типа.

2.2. Планирование работ по проектированию

2.2.1. Структура работ в рамках проектирования

Планирование комплекса предполагаемых работ производится в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения проектирования.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведены в таблице 8.

Таблица №8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по ним

Основные этапы работы	№ раб.	Содержание работы	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление, утверждение и выдача технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Ознакомление с технической документацией	Инженер
	3	Подбор технической литературы	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Расчет напряжения на изоляции трансформатора при заданной волне перенапряжения	5	Описание схемы замещения подстанции, электрической схемы и выбор параметров РВ	Инженер
	6	Нахождение напряжения на изоляции силового трансформатора графическим методом	Инженер
	7	Проверка полученных результатов	Руководитель
Расчет кривой опасных параметров (КОП)	8	Нахождение длительности фронта волны перенапряжения при 4 значениях параметра М	Инженер
	9	Расчет КОП в специализированной программе	Инженер
	10	Расчет длины защитного подхода	Инженер

Продолжение Таблица №8

	11	Проверка полученных результатов	Руководитель
Расчет заземлителей	12	Расчет сопротивления заземления опоры	Инженер
	13	Оценка надежности грозозащиты подстанции	Инженер
	14	Анализ полученных результатов	Руководитель
Расчет зон защиты стержневых молниеотводов	15	Расчет параметров зон защиты стержневых молниеотводов. Составление эскизов	Инженер
	16	Проверка полученных результатов	Руководитель
Расчет грозозащиты ЛЭП	17	Расчет удельного числа грозовых отключений линии электропередач	Инженер
Разработка технической документации	18	Составление пояснительной записки	Инженер
	19	Составление принципиальных электрических схем, оформление чертежей	Инженер
	20	Проверка готовой работы	Руководитель

Для выполнения работ по проектированию была сформирована группа, в состав которой входят руководитель и инженер.

2.3. Определение трудоемкости выполнения работ

Важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников проектирования. Трудоемкость выполнения работ оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

2.4. Разработка графика проведения проектирования

Для планирования проекта(ВКР) используем наиболее удобный и наглядный ленточный график в форме диаграммы Ганта.

График Ганта – это один из наиболее удобных и популярных способов графического представления времени выполнения задач, а также является наглядным и удобным инструментом для управления проектом.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48,$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

На основе таблице 9 строится календарный план-график.

Таблица №9 – Временные показатели по каждой из произведенных работ

№ и Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ к календарным дням, T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
1. Составление ТЗ	4		8		6		6		7	
2. Ознакомление с технической документацией		5		9		7		7		10
3. Выбор направления		2		5		3		3		5
4. Календарное планирование работ по теме	1		2		2		2		2	
5. Описание схемы замещения подстанции, электр. схемы		2		5		3		3		5
6. Нахождение напряжения на изоляции трансформатора		2		5		3		3		5
7. Проверка полученных результатов	1		2		2		2		2	
8. Нахождение длительности фронта волны перенапряжения		1		2		2		2		3
9. Расчет КОП в программе		1		2		2		2		3
10. Расчет длины защитного подхода		1		2		2		2		3
11. Проверка полученных результатов	1		2		2		2		3	
12. Расчет сопротивления заземления опоры		2		5		3		3		4
13. Оценка надежности грозозащиты подстанции		2		5		3		3		4
14. Анализ полученных результатов	1		6		3		3		4	
15. Расчет параметров зон защиты молниеотводов		1		2		2		2		3
16. Проверка полученных результатов	1		2		2		2		3	
17. Расчет удельного числа грозовых отключений		2		5		3		3		4
18. Составление пояснительной записки		2		5		3		3		4
19. Оформление чертежей		1		2		2		2		3
20. Проверка готовой работы	1		6		3		3		4	

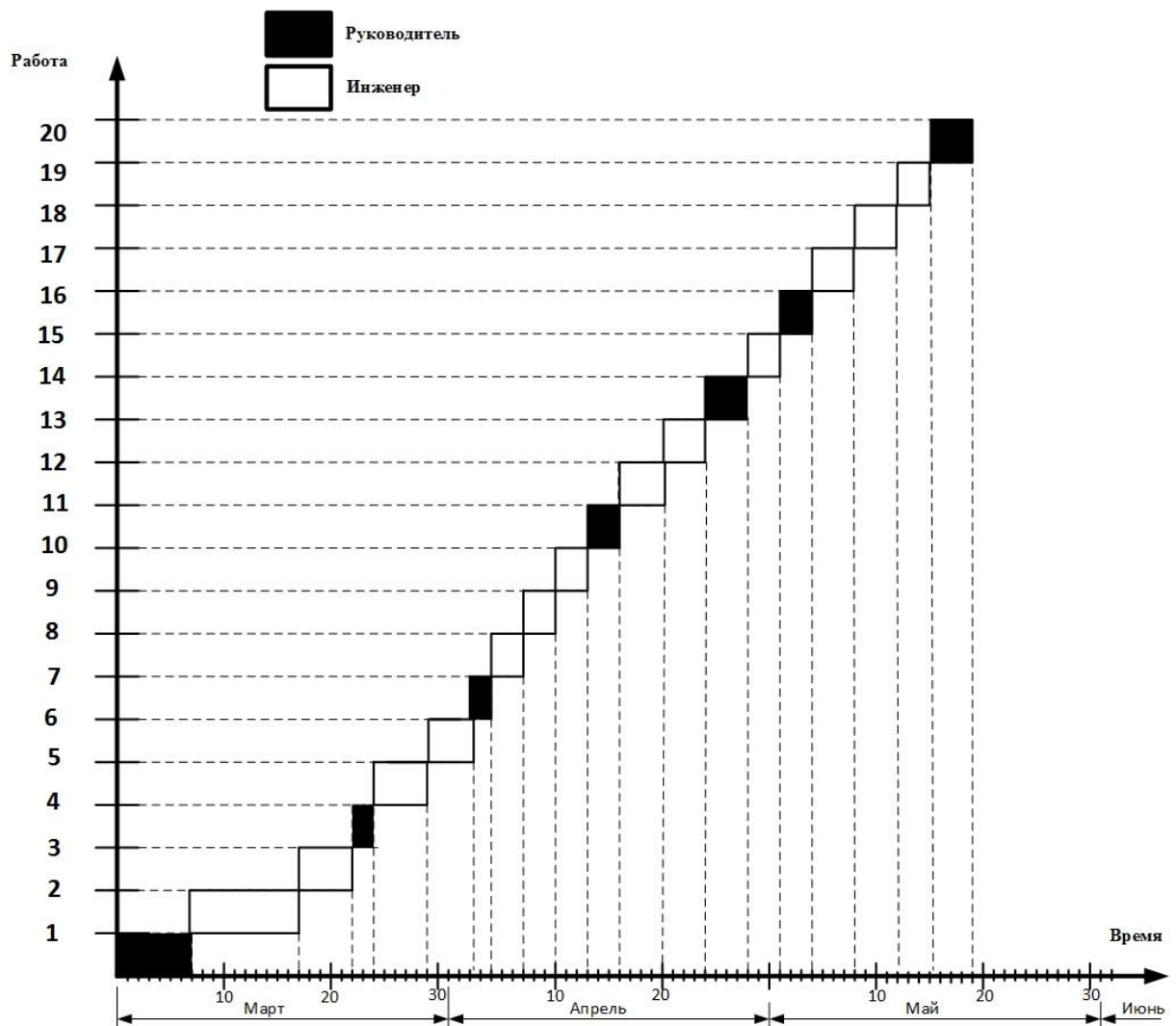


Рисунок 17 – График Ганта

В качестве примера приведем расчет для пункта работы 1.

Определяем величину ожидаемой продолжительности работ.

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 9}{5} = 7 \text{ чел. – дн.}$$

Определим продолжительность работы в рабочих днях.

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{7}{1} = 7 \text{ раб. дн.}$$

Переведем рабочие дни в календарные, используя коэффициент календарности $k_{кал} = 1,48$.

$$T_k = T_p \cdot k_{кал} = 7 \cdot 1,48 = 10,36 \text{ чел. дн. (принимаем } = 10 \text{ чел. дн.)}$$

Итого длительность работ в календарных днях руководителя проекта равняется 25 дней, а инженера 56 дней.

2.5. Формирование бюджета затрат на проектирование

2.5.1. Расчет материальных затрат проектирования

При планировании бюджета НТИ необходимо отразить все расходы, связанные с выполнением проектирования.

1. Материальные затраты

Суммарные материальные затраты исполнителей на проектирование равняются $\sum M_z = 29500$ руб.

2. Затраты на оплату труда

Согласно данным ТПУ оклад исполнителей будет составлять следующие величины:

- Оклад руководителя проекта – 23265 руб.;
- Оклад инженера – 14584 руб.

Премияльный фонд – 20 %.

- Для руководителя проекта – 4653 руб.;
- Для инженера – 2917 руб.

Коэффициент доплат и надбавок – 20 %.

- Для руководителя проекта – 4653 руб.;
- Для инженера – 2917 руб.

Районный коэффициент по Томской области составляет 1,3. Согласно этому руководителю и инженеру будут производиться соответствующие доплаты [8]:

- Для руководителя проекта – 6979 руб.;
- Для инженера – 4375 руб.

Исходя из вышеописанных надбавок месячная заработная плата для по каждому исполнителю работ будет следующей:

- Для руководителя проекта – 39550 руб.;
- Для инженера – 24793 руб.

Исходя из количества дней, которое исполнители проекты были заняты (длительность работ руководителя проекта равняется 25 дней, а

инженера 55 дней) рассчитаем отчисления заказчика работ в фонд заработной платы (ФЗП), отчисления на социальные нужды (ОСН), прочие непредвиденные расходы (Пр.) и накладные расходы (Нр.).

$$\text{ФЗП}_\Pi = \sum \text{ЗП}_{\text{рук.}} + \sum \text{ЗП}_{\text{инж.}} = \frac{25}{25} \cdot 41975,16 + \frac{56}{22} \cdot 28395,57 = 114255 \text{ руб.}$$

Определяем отчисления на социальные нужды (27,1%).

$$\text{ОСН}_\Pi = 0,271 \cdot 114255 = 30963 \text{ руб.}$$

Определяем величину прочих непредвиденных расходов (10 % от И.).

$$\sum \text{И}_\Pi = \sum \text{М}_з + \text{ФЗП}_\Pi + \text{ОСН}_\Pi = 29500 + 114255 + 30963 = 174718 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_\Pi = 0,1 \cdot \sum \text{И}_\Pi = 0,1 \cdot 174718 = 17472 \text{ руб.}$$

Определим величину накладных расходов исходя из того, что они составляют 40 % от $\sum \text{И}_\Pi$.

$$\text{Нр}_\Pi = 0,16 \cdot \sum \text{И}_\Pi = 0,4 \cdot 174718 = 69887 \text{ руб.}$$

Сведем все полученные результаты в таблицу №10

Таблица №10 – Смета затрат на проектирование

№ п/п	Вид затрат	Величина, руб
1	Материальные затраты	29500
2	Затраты на оплату труда	114255
3	Отчисления на социальные нужды	30963
5	Прочие непредвиденные расходы	17472
6	Накладные расходы	69887
8	Суммарная себестоимость (С_Π)	262077

Исходя из расчетов затрат на проектирование можно сделать вывод, что основная часть денежных средств затрачивается на оплату труда.

2.5.2. Определение затрат на реализации проекта

Для реализации проекта необходимо произвести покупку оборудования для грозозащиты на номинальное напряжение 220 кВ.

Согласно данным представленным в данной системе стоимость необходимого оборудования представлена в таблице 11[9].

Таблица №11 – Смета на необходимое оборудование

Наименование	Количество, шт	Цена, руб	Итого, руб
Вентильный разрядник РВТ -220	1	58000	58000
Опоры	4	43200	172800
Грозозащитный трос	1261 м	312	393432
Заземлители	4	17450	69800
Итого			694032

Данное оборудование выбиралось исходя не только из экономических показателей, но и по надежности и эффективности.

2.5.3. Планирование монтажных и пусконаладочных работ

Для монтажа и наладки грозозащитного оборудования будут осуществлять специалисты компании ООО “ГорСети” [10].

Работа, производимая при монтаже и наладке грозозащиты специалистами, будет производиться в несколько этапов:

- Изучение схем и чертежей, подготовка к работе – 2 дня;
- Монтаж грозозащитного оборудования – 25 дней;
- Наладка грозозащитного оборудования – 5 дня;
- Проверка работоспособности оборудования, всего комплекса установленных защит – 3 дня.

В итоге работа по монтажу и вводу в эксплуатацию грозозащиты подстанции продолжится в течении 35 дней бригадой, состоящей из 7 человек: руководитель работ, производитель работ, наблюдающий и 4 членов бригады.

В таблице 12 приведены данные о величинах окладов каждого из задействованных в работе членов монтажной бригады.

Таблица №12 – Заработная плата бригады монтажников

Состав бригады	Количество	Оклад, руб
Руководитель работ	1	30000
Производитель работ	1	25000
Наблюдающий	1	20000
Член бригады	5	17000

Для расчета возьмем среднее количество рабочих дней в месяце равному 21.

Для проведения работ по монтажу необходима техника для расчистки территории под строительство. В подготовки под строительство территории будет использоваться бульдозер, для выполнения высотных работ подъемный кран (автовышка). Данные машины будут арендованы для бригады.

Затраты на аренду машин приведены в следующей таблице 13:

Таблица №13 – Затраты на аренду машин

Оборудование	Задействовано, дни	Стоимость, в день	Итого, руб
Бульдозер	15	13000	195000
Автовышка	24	7000	168000
Материальные затраты на оборудование, $\sum M_3$			363000

Рассчитаем суммарные затраты на монтаж и пусконаладочные работы грозозащиты подстанции.

Фонд заработной платы, включает районный коэффициент 1,3, премию за своевременное выполнение обязательств по договору – 60 %, доплаты и надбавки составляющие 10 %.

$$\text{ФЗП} = ((30000 + 25000 + 20000 + 5 \cdot 17000) \cdot (1 + 0,6 + 0,1) \cdot 1,3) \cdot \frac{35}{21} = 589333 \text{ руб}$$

Рассчитаем отчисления на социальные нужды – 30 %.

$$\text{ОСН} = 0,302 \cdot \text{ФЗП} = 0,302 \cdot 589333 = 177979 \text{ руб.}$$

Рассчитаем прочие непредвиденные расходы (составляют примерно 1 % от $\sum \text{И}$).

$$\sum \text{И}_{\text{п}} = \sum \text{М}_{\text{з}} + \text{ФЗП} + \text{ОСН} = 363000 + 589333 + 177979 = 1130312 \text{ руб}$$

$$\text{Пр}_{\text{м}} = 0,01 \cdot \sum \text{И}_{\text{п}} = 0,01 \cdot 1130312 = 11303,12 \text{ руб}$$

Определим величину накладных расходов (40 % от $\sum \text{И}_{\text{п}}$)

$$\text{Нр}_{\text{м}} = 0,4 \cdot \sum \text{И}_{\text{п}} = 0,4 \cdot 1130312 = 452125 \text{ руб.}$$

Общая себестоимость монтажа грозозащиты подстанции:

$$\text{С}_{\text{м}} = \sum \text{И}_{\text{п}} + \text{Пр}_{\text{м}} + \text{Нр}_{\text{м}} = 1130312 + 11303,12 + 452125 = 1593740 \text{ руб}$$

Сведем все данные по капиталовложениям в проект в таблицу №14.

Таблица №14 – Капиталовложения в проект

Наименование затрат	Вложения, руб
Затраты на оборудование и комплектующие	694032
Затраты на проектирование	262077
Затраты на монтаж	1593740
Итого	2549849

Затраты на монтаж грозозащиты является самым затратным капиталовложением в проект.

2.6. Ресурсоэффективность

Ресурсоэффективность автоматизированной системы определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Составим сравнительную оценку характеристик в виде таблицы №11.

Таблица №15-Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Безопасность	0,25	5
2. Надежность	0,25	4
3. Удобство в эксплуатации)	0,20	4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,20	5
5. Энергоэкономичность	0,10	4
Итого:	1,00	22

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 + 0,20 \cdot 5 + 0,10 \cdot 4 = 4,5$$

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проекта имеет важное значение. Его высокое значение говорит о эффективности использования технического проекта. Высокие баллы безопасности и

надежности, удобства в эксплуатации и предполагаемый срок эксплуатации позволяют судить о корректно выполненной разработке системы.

При выполнении экономической части было дано экономическое обоснование выполняемого проекта. В ходе работы была рассчитана продолжительность выполнения проектирования для инженера и руководителя. Составлен календарный план выполнения работ. Кроме этого были рассчитаны капиталовложения необходимые для реализации проекта в виде реального объекта. Капиталовложения в оборудование необходимое для постройки грозозащиты и его комплектующие составили 694032(руб.). Капиталовложения непосредственно в проектирование грозозащиты подстанции и ЛЭП составили 262077(руб.). Капиталовложения необходимые для производства монтажа рассматриваемой системы грозозащиты составили 1503504(руб.). Общие капиталовложения в рассматриваемый проект составили 2549849(руб.). Проведена оценка ресурсоэффективности проекта дает достаточно неплохой результат (4,5 из 5), что свидетельствует об эффективности реализации технического проекта.